

9. ÉTUDES EXPÉRIMENTALES SUR QUELQUES GRAINS DE POLLEN DES AMENTIFÈRES

M. KEDVES et K. FREY

Laboratoire de Biologie cellulaire et de Micropaléontologie évolutive de l'Université de Szeged, H-6701, Szeged, Boîte postale 993, Hongrie

Sommaire

Les altérations morphologiques dues à une température élevée (200 °C) maintenue pendant 10 minutes, 1 heure, 5 heures et 10 heures ont été étudiées sur les grains de pollen de *Quercus robur*, *Quercus cerris*, *Salix alba*, *Alnus glutinosa*, *Corylus avellana*, *Corylus colurna* et *Betula verrucosa*. Les grains de pollen de trois échantillons d'une espèce (*Quercus robur*) ont fait l'objet des prélèvements suivants: 1. Grains de pollen récoltés le même jour dans des localités différentes (2,3). 2. Grains de pollen d'une seule localité mais à des dates différentes (1,2). Des altérations qualitatives et quantitatives ont été observées. Le rapport P/E est un caractère important pour les Longiaxes, étant donné qu'au cours de la sédimentation ce caractère peut changer de façon remarquable et causer des problèmes pour la détermination des grains de pollen fossiles. En général, les altérations qui produisent les formes secondaires concernent: 1. La morphologie fondamentale des grains de pollen. 2. Le système moléculaire de la sporopollénine et de l'endexine. 3. La maturité du grain de pollen y compris le degré de polymérisation des systèmes moléculaires. 4. Les conditions écologiques, et en premier le climat, pendant l'ontogénèse des grains de pollen. 5. La distance entre les dates de prélèvement et celles des expériences.

Mots clés: Palynologie, actuel, Amentiferae, effet d'une haute température.

Introduction

Les variations morphologiques des spores et des grains de pollen ainsi que les altérations secondaires sont importantes de plusieurs points de vue, par exemple celui de la taxonomie, de la phylogénie ou de l'étude des associations sporopolliniques trouvées dans des sédiments d'âges géologiques différents. C'est chez les sporomorphes fossiles que ce problème est le plus compliqué car il faut tenir compte de plusieurs facteurs, parmi lesquels les plus importants sont:

1. Les variations morphologiques infra-spécifiques: par exemple la forme du contour concave, triplanoïde, triplane des spores trilètes (DEÁK, 1959, KEDVES, 1960, 1961). Le nombre des ouvertures et la taille (CLAUSEN, 1960) des grains de pollen des Angiospermes, ou quelquefois le caractère (tricolpé, tricolporoïdé, tricolporé) peut changer.

2. Les variations de la taille et autres caractères qui peuvent changer suivant les conditions écologiques (cf. PESTOVA et MARTYNIUK, 1998).

3. Les altérations au cours de la sédimentation (cf. PRAGLOWSKI, 1966).

- 3.1. Effet de l'hydratation (cf.: WODEHOUSE, 1935, SOUTHWORTH, 1986, DUHOX, 1972, 1982, KEDVES et al., 1999, KEDVES et al., 2000, etc.). Ici il y a lieu de mentionner à nouveau l'importance de l'étude des grains de pollen à sec sans aucune préparation.

3.2. Altérations dues à une température élevée: KIRCHHEIMER (1933a,b) a souligné les différents facteurs au cours de la sédimentation (haute température, pression activité enzymatique - microbiologique). WILSON (1961) a établi la relation entre la conservation des sporomorphes et le charbon fixé des couches houillères. MCINTYRE (1972) a souligné l'importance du charbon fixé par des études expérimentales. La maturité de la matière organique a été étudiée pour les recherches pétrolières. STAPLIN (1969) a récapitulé l'histoire du métamorphisme. Selon HUGHES, HARLAND et SMITH (1976) l'abondance et l'état de conservation des sporomorphes est en relation avec l'effet géothermique. MANUM et al. (1977) pense que les caractères diagénétiques des sporomorphes et des autres débris végétaux sont un indicateur excellent de la température pendant la maturation de la matière organique. WANG KAIFA, LI YIYIN et ZHANG HUIZHI (1991) ont établi que la dégradation thermique de la sporopollénine est importante dans la génération des hydrocarbures. POTONÉ et REHNELT (1971) ont supposé une aromatisation de la sporopollénine au cours de la fossilisation. Selon PIÉRART (1978) une polymérisation supplémentaire se déroule au cours de la diagenèse. La couleur des sporomorphes (index de IAT) peut donner des indications pour la température de la sédimentation (cf. GUTJAHR, 1966, CORREIA, 1967, 1971, WILSON, 1971, SALAS et SEILER, 1980, STAPLIN 1977, TSCHUDY, 1969, GRAY et BOUCOT, 1975, MANUM et al. 1977, FREDERIKSEN, 1983, UTTING 1989, UTTING et al. 1989, CONWAY, 1994, etc.).

3.3. Des traitements différents peuvent également changer la morphologie des grains de pollen (FAEGRI et DEUSE, 1960, ANDERSEN, 1978).

Pour mieux comprendre les caractères morphologiques des sporomorphes fossiles il est souhaitable, de continuer des études expérimentales Depuis 1989 (KEDVES et KINCSEK) au cours de nos recherches sur les grains de pollen et spores actuels, nous avons fait un effort pour mieux documenter les altérations secondaires qui peuvent se produire au cours de la sédimentation.

Matériel et Méthode

Nous avons choisi les types polliniques qui sont importants du point de vue de l'évolution des grains de pollen des Angiospermes dans la région des Normapolles. Des Longiaxes: *Quercus robur* L., avec trois échantillons: 1. Localité: Újszeged et date de récolte 1992, 2. Localité: Újszeged et date de récolte 1996, 3. Jardin Botanique de l'Université et date de récolte 1996. *Quercus cerris* L. Localité: Jardin Botanique de l'Université et date de récolte 1995, *Salix alba* L. Localité: Jardin Botanique de l'Université et date de récolte 1992.

Des Bréviaxes: *Alnus glutinosa* (L.) GAERTN. Localité: Jardin Botanique et date de récolte 2000, *Betula verrucosa* EHRH. Localité: Jardin Botanique et date de récolte 1989, *Corylus colurna* L., Localité: Szeged et date de récolte: 2000, *Corylus avellana* L. Localité: Szeged et date de récolte 2000.

Grains de pollen frais et portés à la température de 200 degrés pendant 10 minutes, 1 heure, 5 et 10 heures, montés dans la glycérine-gélatine hydratée à 39,6% (LOBREAU, 1966), et étudiés au microscope optique. On a étudié les altérations qualitatives et quantitatives

Résultats

Longiaxes

Quercus robur L., *Qu. cerris* L., *Salix alba* L. Fig. 9.1,2, Planche 9.1, 1-24, planche 9.2, 1-20, planche 9.3, 1-14)

La distribution des pourcentages de grains de pollen en position polaire et équatoriale est présentée sur la figure 9.1. Les pourcentages des grains de pollen frais en position polaire (P) et en position équatoriale (E) sont à peu près identiques.

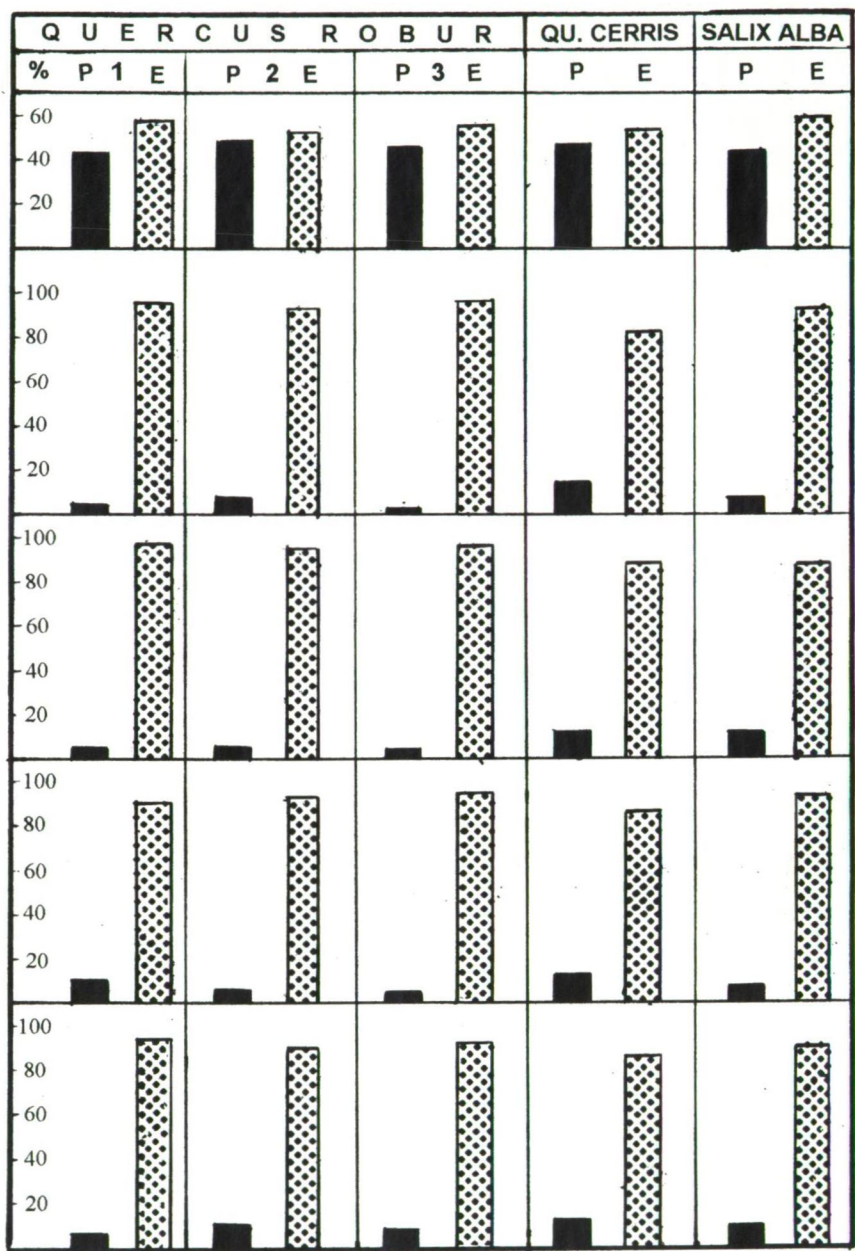


Fig. 9.1.

La distribution des grains de pollen en vue polaire et équatoriale des Longiaux étudiés. En haut la distribution des pourcentages des grains de pollen frais, en bas ceux des grains de pollen chauffés pendant 10 minutes, 1, 5 et 10 heures.

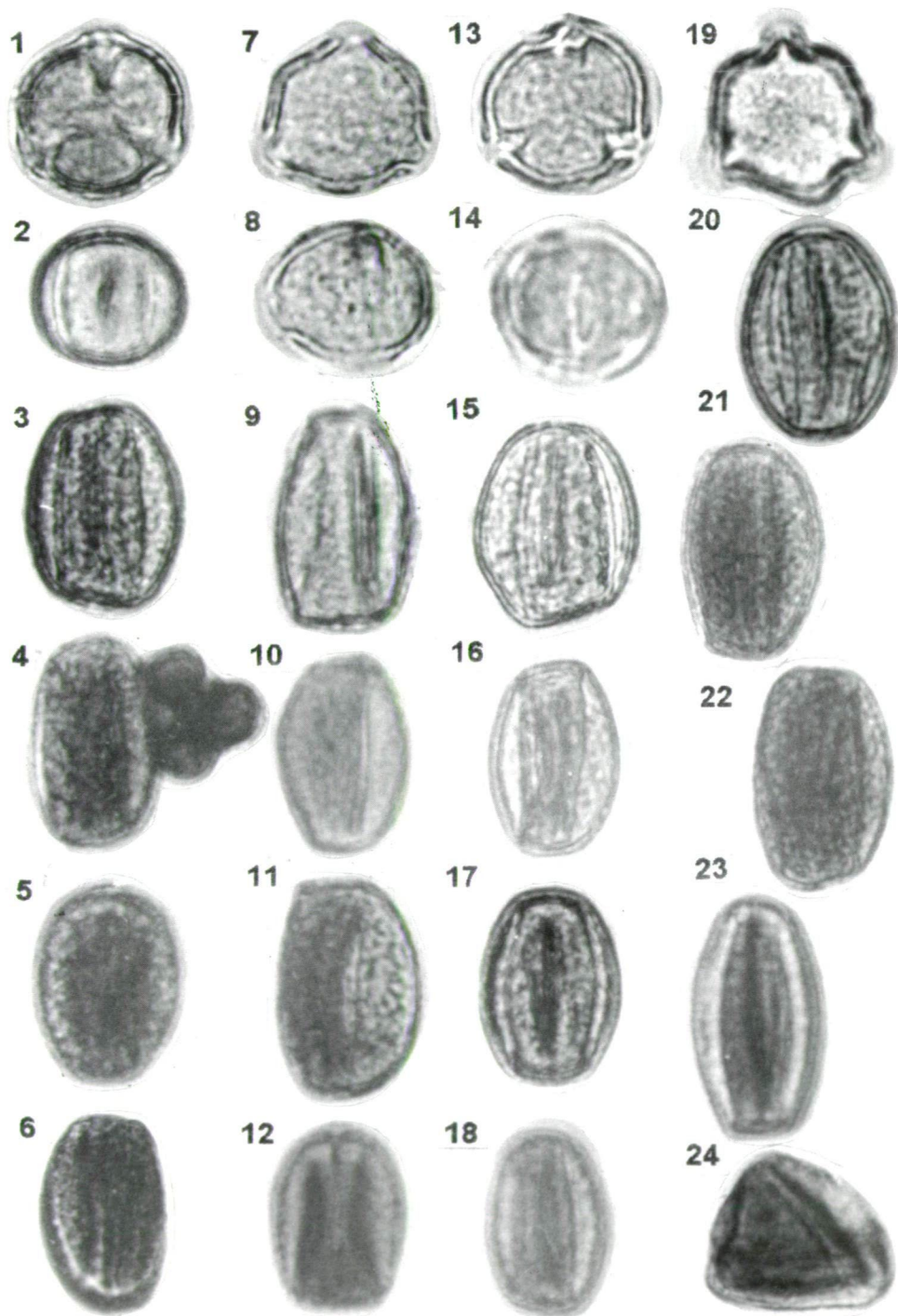


Planche 9.1.

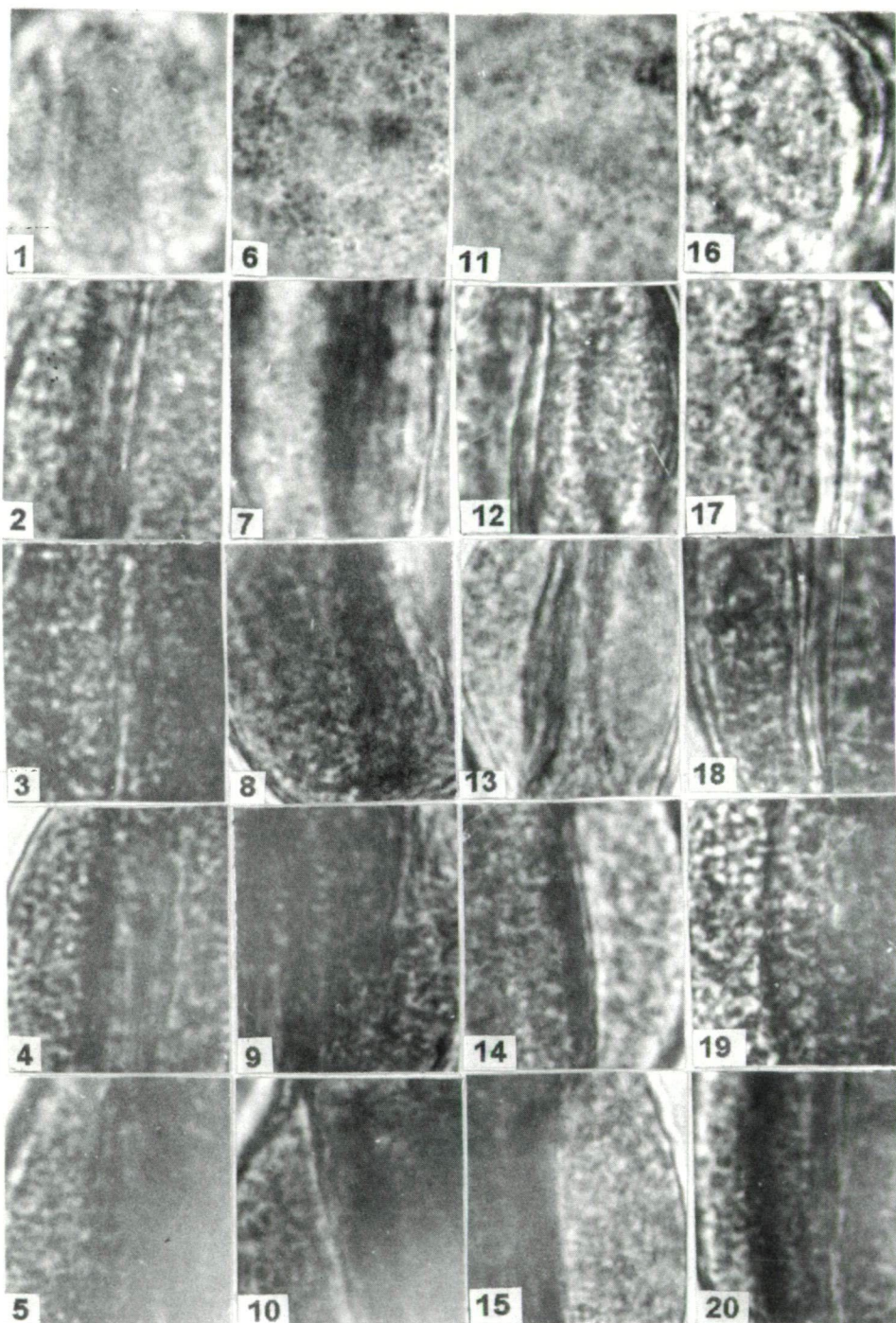


Planche 9.2.

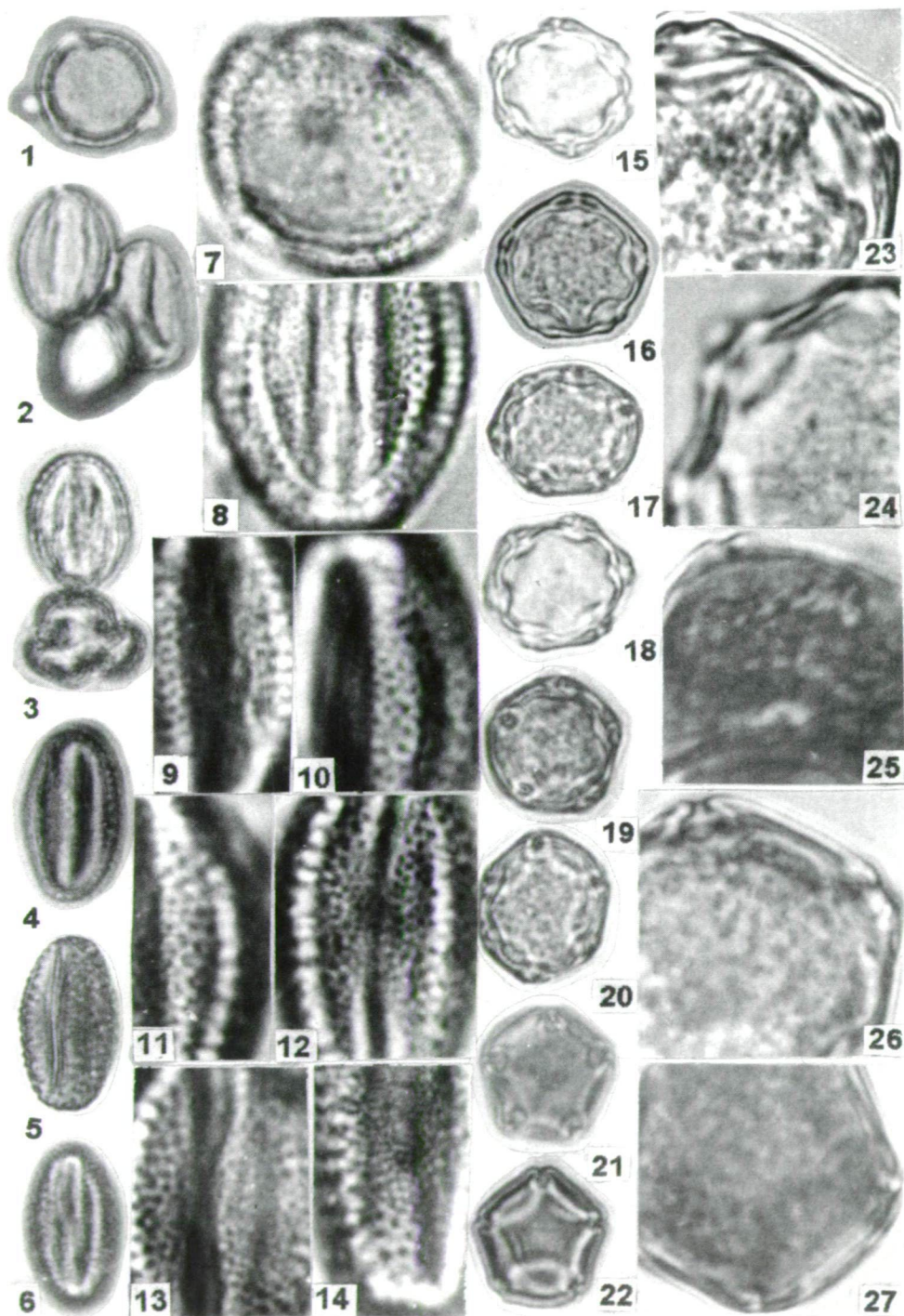


Planche 9.3.

Après un chauffage court de 10 mn, il y a un changement rapide dont le résultat est que les positions équatoriales sont dominantes quantitativement. Après un chauffage de 1, 5 et 10 heures la plupart des grains sont en vue équatoriale et les pourcentages sont plus ou moins constants. Les photos des pollens des échantillons du genre *Quercus* sont présentés sur la planche 9.1, fig. 1-24, celles de *Salix alba* sur la planche 9.3, fig. 1-6. Il est clair, qu'après un chauffage, ce qui change essentiellement est la symétrie du grain de pollen. Mais en ce qui concerne l'ornementation des grains de pollen étudiés nous n'avons pas trouvé d'altérations remarquables causées par une température élevée (Planche 9.2, fig. 1-20, planche 9.3, fig. 7-14). Nous avons calculé les valeurs des axes polaire/équatorial (P/E) et figuré les distributions et la quantité dominante de ces valeurs (Figure 9.2). Nous avons trouvé des différences parmi les différents échantillons de *Quercus robur*, de plus les échantillons de *Quercus cerris* diffèrent de ceux de *Quercus robur*. Mais les grains de pollen frais de *Salix alba* sont ressemblants de ce point de vue à l'échantillon 3 de *Quercus robur*. Les courbes statistiques de variation des diamètres sont représentées sur la fig. 9.3. Les valeurs des grains de pollen frais sont totalement différentes de celles des grains de pollen soumis aux expériences. Les échantillons 2 et 3 sont semblables des localités différentes, mais pour la même date de prélèvement. *Salix alba* ressemble un peu à *Quercus robur* 2 et 3, c'est curieux étant donné que la date du prélèvement est la même que celle de l'échantillon 1.

Légende de la Planche 9.1.

Fig. 1-18. *Quercus robur* L., 1-6. Échantillon 1, 7-12. Échantillon 2, 13-16. Échantillon 3. 1, 2, 7, 8, 13, 14. grains de pollen frais, 3,9,15. durée du chauffage: 10 minutes, 4,10,16. durée du chauffage: 1 heure, 5,11,17. durée du chauffage: 5 heures, 6, 12, 18. durée du chauffage: 10 heures.

Fig. 19-24. *Quercus cerris* L., 19. grain de pollen frais, 20. grain de pollen chauffé pendant 10 minutes, 21. grain de pollen chauffé pendant 1 heure, 22. grain de pollen chauffé pendant 5 heures, 23,24. grain de pollen chauffé pendant 10 heures. Toutes les photos sont au grossissement 1000.

Légende de la Planche 9.2.

Fig. 1-15. *Quercus robur* L., 1-5. Échantillon 1, 6-10. Échantillon 2, 11-15. Échantillon 3.

Fig. 16-20. *Quercus cerris* L.

1,6,11,16. Grains de pollen frais, 2,7,12,17. Grains de pollen chauffés pendant 10 minutes, 3,8,13,18. Grains de pollen chauffés pendant 1 heure, 4,9,14,19. Grains de pollen chauffés pendant 5 heures, 5,10,15,20. Grains de pollen chauffés pendant 10 heures. Toutes les photos sont au grossissement 2.500.

Légende de la Planche 9.3.

Fig. 1-14. *Salix alba* L., 1,2,7. Grains de pollen frais, 3,8. Grains de pollen chauffés pendant 10 minutes, 4,9,10. Grains de pollen chauffés pendant 1 heure, 5,11,12. Grains de pollen chauffés pendant 5 heures, 6, 13,14. Grains de pollen chauffés pendant 10 heures.

Fig. 15-27. *Alnus glutinosa* (L.) GAERTN., 15,16,23. Grains de pollen frais, 17,18,24. Grains de pollen chauffés pendant 10 minutes, 19,20,25. Grains de pollen chauffés pendant 1 heure, 21,26. Grains de pollen chauffés pendant 5 heures, 22,27. Grains de pollen chauffés pendant 10 heures. Fig. 1-6,15-22 sont au grossissement 1000, 7-14, 23-27 sont au grossissement 2.500.

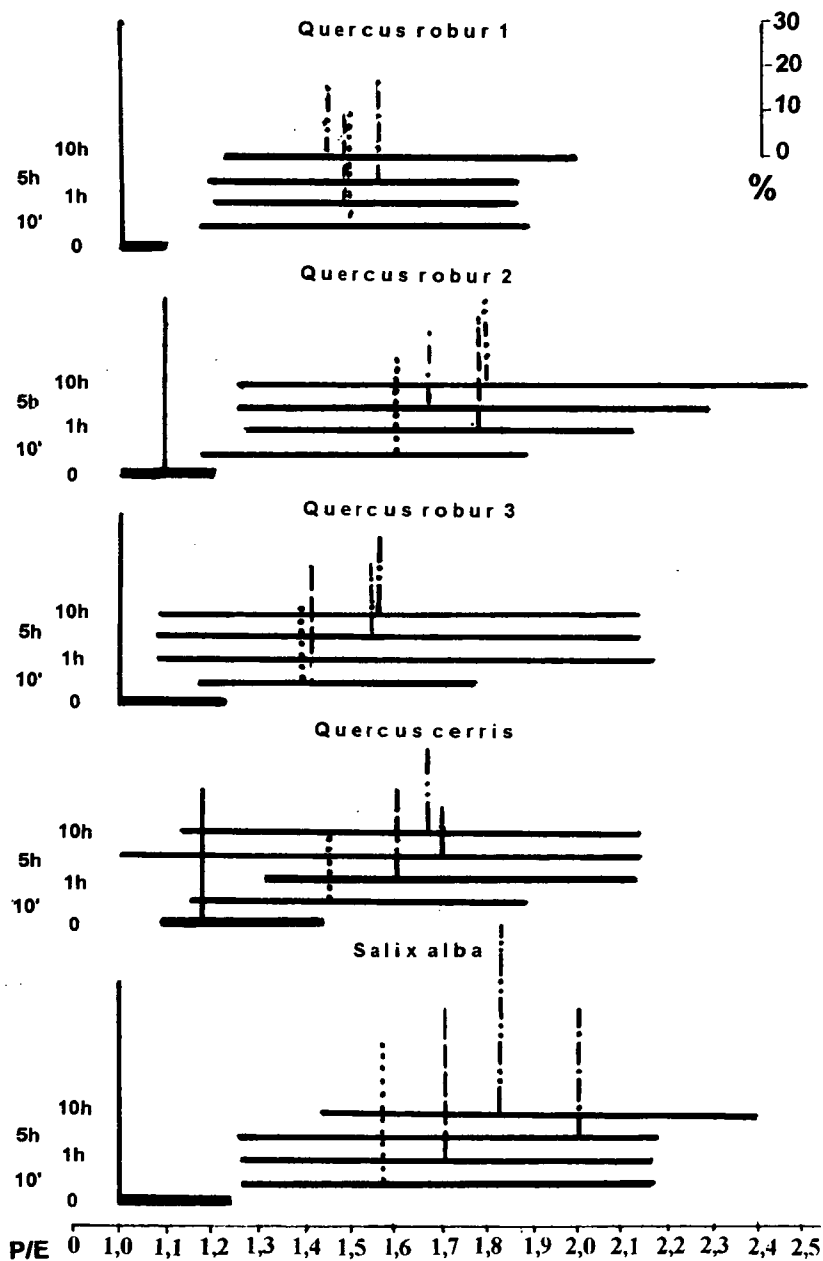


Fig. 9.2.

Les valeurs du rapport des axes polaire/équatorial, des grains de pollen des Longiaxes étudiés, les distributions des valeurs et les pourcentages maximaux sont représentés.

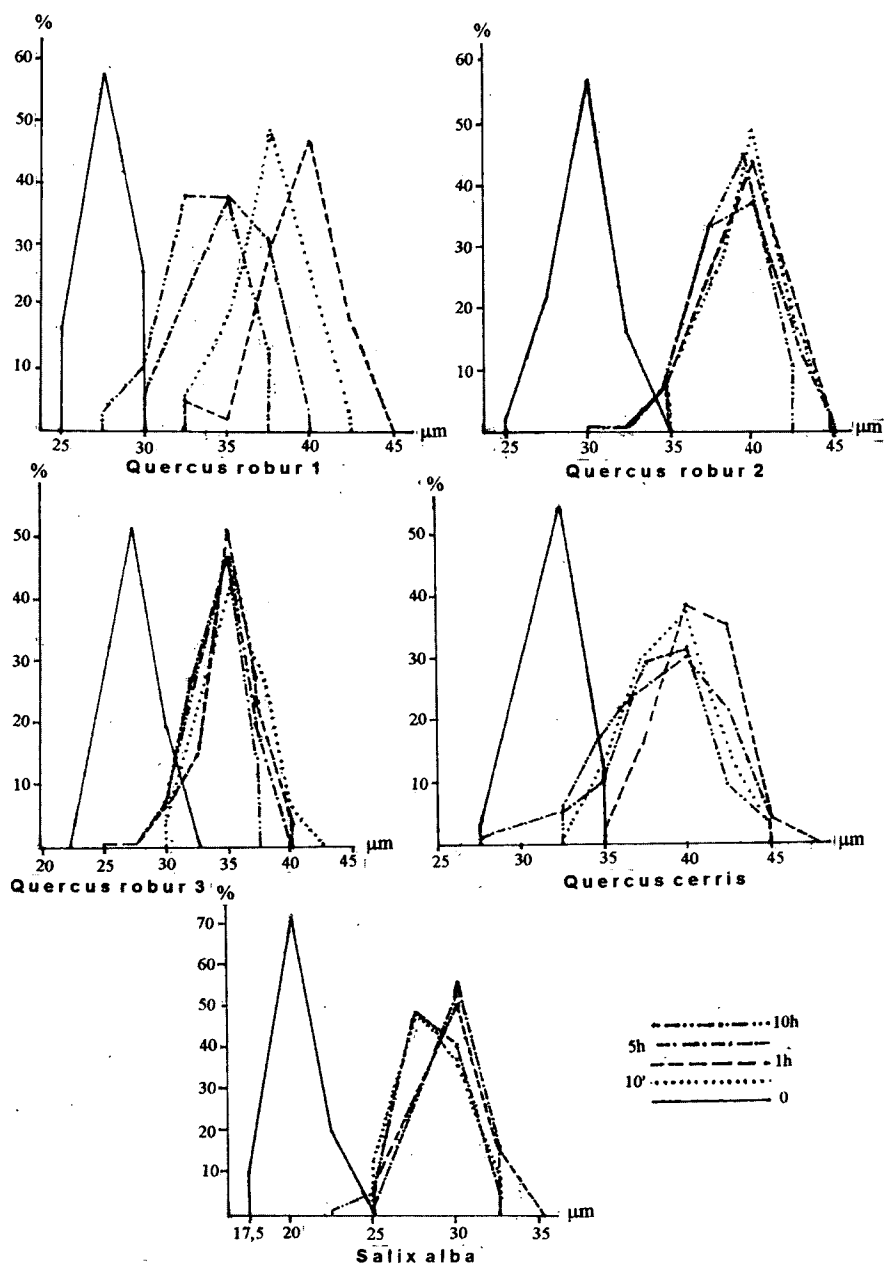


Fig. 9.3.

Courbes statistiques de l'axe polaire des grains de pollen Longiaxes étudiés.

Bréviaxes

Alnus glutinosa (L.) GAERTN. (Planche 9.3, fig. 15-27, fig. 9.4)

Dans les caractères qualitatifs, nous n'avons pas trouvé de différences importantes.

Les variations du diamètre sont les suivantes. après chauffage court, presque pas de changement, ensuite les courbes statistiques sont différentes. Il est à noter que 2 courbes (1 et 10 h) ont une certaine ressemblance. La courbe statistique des grains de pollen chauffés pendant 5 heures, ressemble aux courbes de grains de pollen frais, et chauffés pendant 10 mn. Il y a une diminution de taille.

Betula verrucosa EHRH. (Planche 9.4, fig. 1-5, fig. 9.4)

On a pu observer des altérations qualitatives qui sont des caractères anciens (Planche 9.4, fig. 3-5). Les plicae secondaires sont caractéristiques sans doute des grains de pollen du Crétacé supérieur et du Tertiaire inférieur dans la région des Normapolles. Les altérations du diamètre des grains de pollen sont intéressantes (Fig. 9.4). La courbe des grains de pollen frais a un maximum remarquable, et les dimensions minimale et maximale ne sont pas trop éloignées. Particulièrement intéressant est le changement après 10 mn, il n'y a pas un maximum frappant. Les valeurs maximales des courbes de grains de pollen chauffés 5 à 10 heures sont faibles. Une heure de chauffage a causé une certaine augmentation du diamètre.

Corylus avellana L. (Planche 9.4, fig. 6-10, fig. 9.4)

Les altérations qualitatives, les formes secondaires avec plicae sont apparues après une heure de chauffage (Planche 9.4, fig 8), mais remarquables après 5 heures du traitement (Planche 9.4, fig. 8). Nous avons observé des formes secondaires avec oculi (Planche 9.4, fig. 10), ce caractère est aussi ancien, voir les espèces du genre de forme *Oculopollis* du Crétacé supérieur et du Tertiaire inférieur de la région des Normapolles. En ce qui concerne le diamètre de ces pollen grains, il n'y a pas de grande différence entre les courbes statistiques (Fig. 9.4).

Corylus colurna L. (Planche 9.4, fig. 11-15, fig. 9.4)

Les altérations qualitatives ne sont pas si frappantes que chez l'espèce précédente. Il faut cependant remarquer qu'il y a des différences notables d'altération de diamètre entre les deux espèces de *Corylus* (Fig. 9.4). Une diminution de taille plus ou moins régulière a été observée au cours de nos études.

Conclusions

Les expériences à haute température de 200 °C sont convenables pour modéliser les altérations des sporomorphes des sédiments nettement métamorphiques. Suivant les résultats obtenus jusqu'ici, on peut tirer les conclusions suivantes:

Légende de la Planche 9.4.

Fig. 1-5. *Betula verrucosa* EHRH., 6-10. *Corylus avellana* L., 11-15. *Corylus colurna* L.

1,6,11. Grains de pollen frais, 2,7,12. Grains de pollen chauffés pendant 10 minutes, 3,8,13. Grains de pollen chauffés pendant 1 heure, 4,9,14. Grains de pollen chauffés pendant 5 heures, 5,10,15. Grains de pollen chauffés pendant 10 heures. Toutes les photos sont au grossissement 2.500.

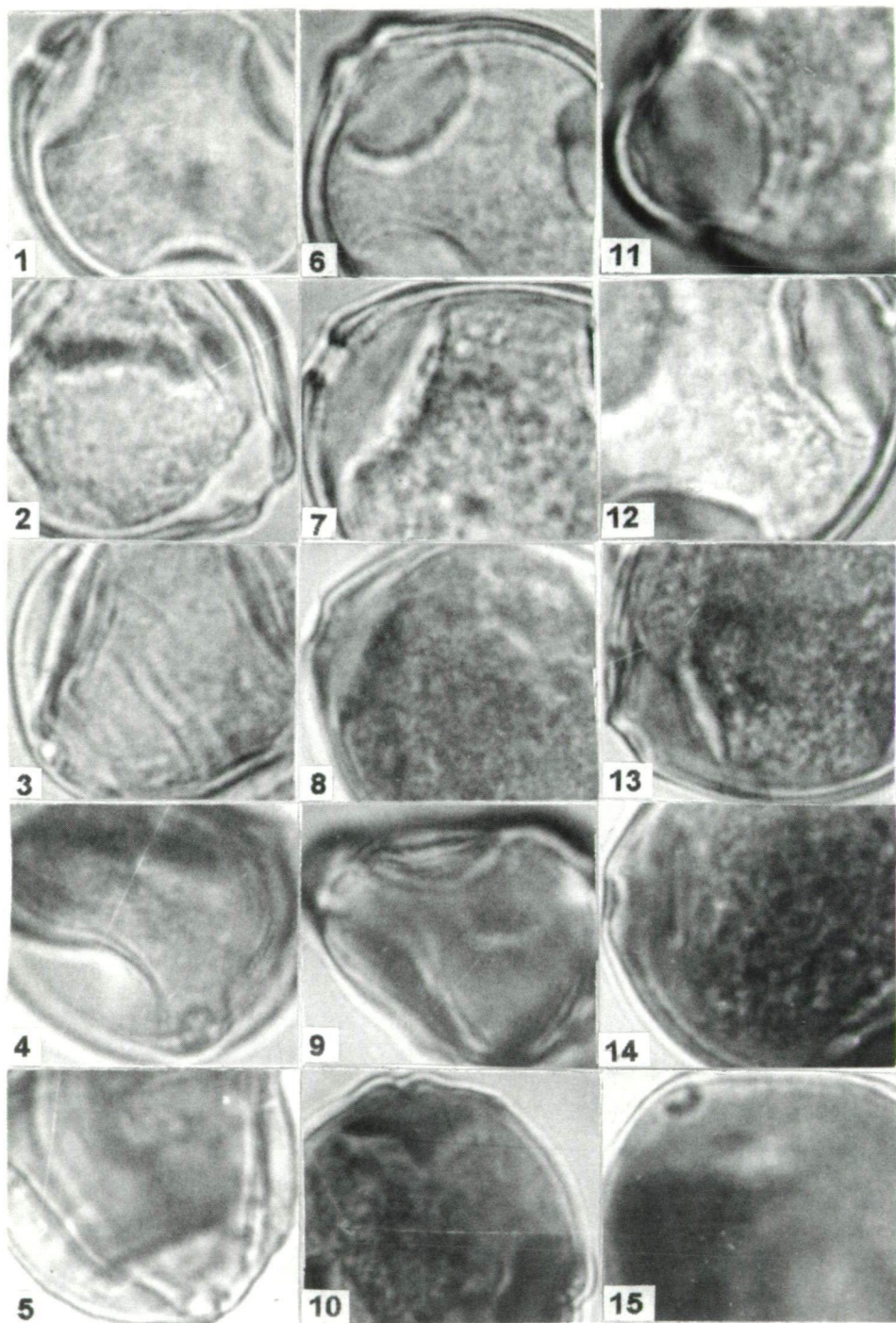


Planche 9.4.

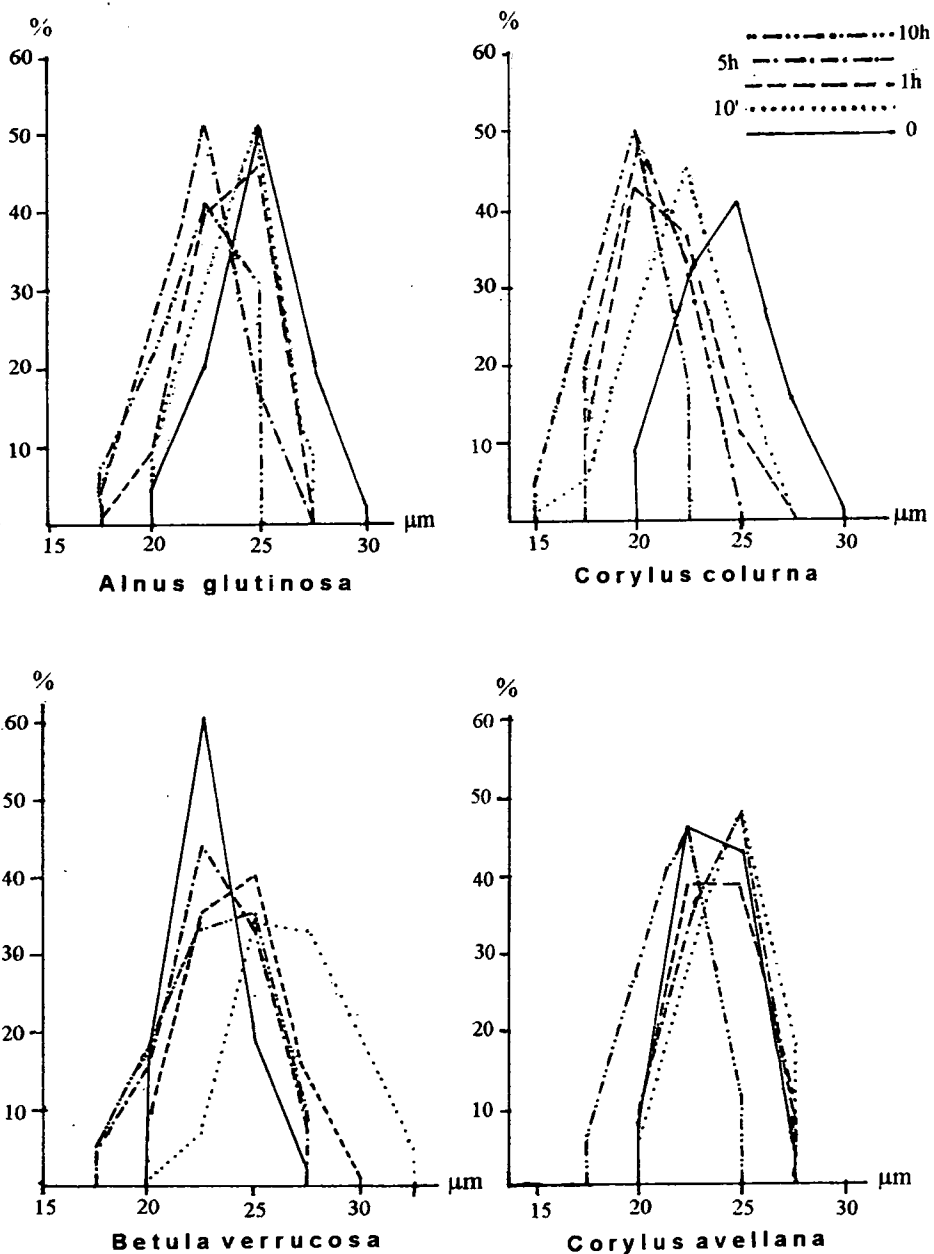


Fig. 9.4.

Les courbes statistiques du diamètre des grains de pollen des Bréviaxes étudiés.

1. Le rapport de l'axe polaire et équatorial change rapidement chez les grains de pollen Longiaxes étudiés en fonction de la hausse de température. Ceci vaut peut-être pour tous les grains de pollen tricolpés - tricolporoïdés ou tricolporés.

2. Les conditions écologiques sont importantes, mais les altérations qui se produisent après le prélèvement sont également à prendre en compte Ceci se répercute sur le système moléculaire de la sporopollénine Nous avons continué plusieurs expériences dans ce domaine, la plus récente concernant les grains de pollen du *Quercus robur* a été publiée par KEDVES, PÁRDUTZ et VARGA (2002).

3. Nos nouveaux documents soulignent toujours la complexité du système moléculaire de la paroi pollinique. L'évaluation des résultats de différentes expériences sur les grains de pollen d'une même espèce amènera à des conclusions valables sur le sujet. On pourra, par exemple, établir que la sporopollenine des grains de pollen de *Quercus* est peu résistante. Une résistance importante peut par contre être établie chez les grains de pollen de *Juglans*.

4. Les altérations secondaires dans la morphologie générale des sporomorphes et la résistance du système moléculaire de la paroi pollinique doivent être prises en compte au cours des études des associations sporopolliniques fossiles (fossilisation sélective). En étudiant les spores et les grains de pollen allergènes nous pouvons également déduire que la solubilité de la paroi externe est un facteur de l'efficacité allergénique.

Remerciements

Nous voulons exprimer nos remerciements les plus sincères à Mme. G. CAMBON, Maître de Conférences (USTL Laboratoire de Paléoenvironnements et Palynologie E.P.H.E. CNRS, UMR 5554, ISEM, Université de Montpellier Cedex 05, France) pour la correction de notre manuscrit. Ces recherches ont été prises en charge par Grant OTKA T 31715.

Bibliographie

- ANDERSEN, S. Th. (1978): On the size of *Corylus avellana* L. pollen mounted in silicone oil - Grana 17, 5-13.
- CLAUSEN, K.E. (1960): A survey of variation in pollen size within individual plants and catkin of three taxa of *Betula*. - Pollen et Spores 4, 169-174.
- CONWAY, B.H. (1994): Maturity profile of the Melekh Sdom 1 Borehole section (Late Pliocene - Pleistocene): Thermal alteration indices (TAI) analysis. - GSI Current Research 9, 73-77.
- CORREIA, M. (1967): Relations possibles entre l'état de conservation des éléments figurés de la matière organique (microfossiles palynoplanctoniques) et l'existence de gisements d'hydrocarbures. - Rev. Inst. Français Pétrole 22, 1285-1306.
- CORREIA, M. (1971): Diagenesis of sporopollenin and other comparable organic substances: Application to hydrocarbon research. In: BROOKS, J., GRANT, P.R., MUIR, M., VAN GUZEL, P., and SHAW, G. eds.: Sporopollenin. - Academic Press, London, New York, 569-620.
- DEÁK, H.M. (1959): Observations concernant le changement de forme des spores trilètes. - Rev. de Micropaléontologie 2, 28-30.
- DUHOUX, E. (1972): Evolution structurale de la paroi des grains de pollen de *Juniperus communis* L.. (Cupressales), cultivé in vitro, au cours de la phase d'hydratation. - C.R. Acad. Sci. Paris 274, 2767-2770.
- DUHOUX, E. (1982): Mechanism of exine rupture in hydrated taxodioid type of pollen. - Grana 21, 1-7.
- FAEGRI, K. and DEUSE, P. (1960): Size variation in pollen grains with different treatments. - Pollen et Spores 2, 293-298.
- FREDERIKSEN, N.O. (1983): Thermal alteration of organic matter in Mesozoic and Lower Tertiary rocks of the western transverse ranges and southern coast ranges, California. - A.A.S.P. 16th Ann. Meeting, San Francisco, California, Program and Abstracts, 17-18.
- GRAY, J. and BOUCOT, A.J. (1975): Color changes in pollen and spores. A review. - Geol. Soc. of Amer. Bull. 86, 1019-1033.

- GUTJAHR, C.C.M. (1966): Carbonization measurements of pollen-grains and spores and their application. - Leidse Geol. Meded. 38, 1-29.
- HUGHES, N.F., HARLAND, W.B. and SMITH, D.G. (1976): Preservation and abundance of palynomorphs in Svalbard. - Geol. Mag. 123, 233-240.
- KEDVES, M. (1960): Études palynologiques dans le bassin de Dorog I. - Pollen et Spores 2, 89-118.
- KEDVES, M. (1961): Études palynologiques dans le bassin de Dorog II. - Pollen et Spores 3, 101-153.
- KEDVES, M., BORSODI, A., DOBÓ, K., KOVÁCS, E. et SZÉCSÉNYI, A. (1999): L'effet de l'hydratation sur les grains de pollen des Cycadales. Hydratation effect on Cycadales pollen grains. - Geo - Eco - Trop. Actes du Symposium de Palynologie Africaine Proceedings of the 4th Symposium on African Palynology, Sousse (Tunisie), 25-30/1999, 227-234.
- KEDVES, M. and KINCSEK, I. (1989): Effect of the high temperature on the morphological characteristic features of the sporomorphs I. - Acta Biol. Szeged. 35, 233-235.
- KEDVES, M., MADARÁSZ, M., SZÉCSÉNYI, A., HORVÁTH, A., TERBE, ZS., HORVÁTH, E., BORSODI, A., DOBÓ, K., KOVÁCS, E. and KANCSÁR, T. (2000): Duhoux effect on inaperturate gymnosperm and angiosperm pollen grains. - Plant Cell Biology and Development (Szeged) 11, 128-140.
- KEDVES, M., PÁRDUTZ, Á. and VARGA, B. (2002): Experimental Investigations on the Pollen Grains of *Quercus robur* L. - Taiwania 47, 43-53.
- KIRCHHEIMER, F. (1933a): Die Erhaltung der Sporen und Pollenkörner in den Kohlen sowie ihre Veränderungen durch die Aufbereitung. - Bot. Arch. 35, 134-187.
- KIRCHHEIMER, F. (1933b): Die Erhaltungszustand des Pollens in den Glanzbraunkohlen. - Ber. schweiz. bot. Ges. 42, 246-251.
- LOBREAU, D. (1966): Variations polliniques liées à la composition de la gélatine glycérinée. - Pollen et Spores 8, 229-236.
- MANUM, S., BJAERKE, T., THRONSEN, T. and EIEN, M. (1977): Preservation and abundance of palynomorphs on thermal alterations in Svalbard. - Norsk Polarinstittutt Arbok 1976, 121-130.
- MCINTYRE, D. J. (1972): Effect of experimental metamorphism on pollen in a lignite. - Geoscience and Man 4, 111-117.
- PESTOVA, I.A. and MARTYNIUK, O.A. (1998): Pollen polymorphism as a result of ecological influence. - Pollen and Spores 1998 Morphology and Biology, Abstracts.
- PIÉRART, P. (1978): Evolution de la sporopollénine au cours de la diagenèse. - Ann. des Mines de Belgique 6, 127-130.
- POTONIE, R. and REHNELT, K. (1971): On the aromatisation of sporin of carboniferous Lycopside. In: BROOKS, J., GRANT, P.R., MUIR, M., VAN GUZEL, P. and SHAW, G. eds. Sporopollenin. - Acad. Press, London, New York, 130-173.
- PRAGLOWSKI, J. (1966): On pollen size variations and the occurrence of *Betula nana* in different layers of a bog. - Grana Palynologica 6, 528-543.
- SALAS, A. y SEILER, J. (1980): Termopalynologia: Confiabilidad del metodo "Luz Transmitida". - Bol. As. Latinoamericana Paleobot. Palinol. 7, 23-37.
- SOUTHWORTH, D. (1986): Isolation of exines from gymnosperm pollen. - Amer. J. Bot. 75, 15-21.
- STAPLIN, F.R. (1969): Sedimentary organic matter, organic metamorphism, and oil and gas occurrence. - Bull. Canad. Petroleum Geol. 17, 47-66.
- STAPLIN, F.R. (1977): Interpretation of thermal history from color of particulate organic matter - a review. Palynology 1, 8th Ann. Meet. A.A.S.P., Houston Proc. 9-18.
- TSCHUDY, R.H. (1969): Relationship of palynomorphs to sedimentation. In: TSCHUDY, R.H. and SCOTT, R.A. eds. Aspects of Palynology. - New York, Wiley-Interscience, 79-96.
- UTTING, J. (1989): Thermal maturity of Lower Carboniferous rocks in northern Yukon Territory. - Current Research, G. Geol. Surv of Canada, Paper 89-IG, 101-104.
- UTTING, J., GOODARZI, B.J., DAUGHERTY, B.J. and HENDERSON, C.M. (1989): Thermal maturity of Carboniferous and Permian rocks of the Sverdrup Basin, Canadian Arctic Archipelago - Geol. Surv. of Canada, Paper 89-19, 1-20.
- WANG KAIFA, LI YIYIN and ZHANG HUIZHI (1991): Preliminary Study of the Thermal Simulation of Spora and Pollen I: Generation Rate and Property of Hydrocarbons. - Acta Sedimentologica Sinica 12, 131-137 Chinese with English Summary.
- WILSON, L.R. (1961): Palynological fossil response to low-grade metamorphism in the Arkoma Basin. - Univ. of Oklahoma, Norman, Oklahoma, 197-210.
- WILSON, L.R. (1971): Palynological techniques in deep-basin stratigraphy. - Shale Shaker 21, 124-139.
- WODEHOUSE, R.G. (1935): Pollen Grains. - McGraw-Hill, New York.